



TITLE:

# 2方向入力地震動に基づく構造物の耐震性能評価に関する研究( Abstract\_要旨 )

AUTHOR(S):

井上, 和真

---

CITATION:

井上, 和真. 2方向入力地震動に基づく構造物の耐震性能評価に関する研究. 京都大学, 2019, 博士(工学)

ISSUE DATE:

2019-09-24

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.k22054>

RIGHT:

許諾条件により本文は2020-01-01に公開

京都大学	博士（工学）	氏名	井上 和真
論文題目	2方向入力地震動に基づく構造物の耐震性能評価に関する研究		
<p>（論文内容の要旨）</p> <p>本論文は、構造物の耐震設計・耐震性能照査のための3次元地震応答解析において、現在一般的な水平1方向のスペクトル適合入力地震動を拡張した、2方向応答スペクトル適合入力地震動を用いる耐震性能評価手法の確立を目標とした、水平2方向地震動の評価手法、2方向応答スペクトル適合波の作成法、および構造モデルの応答特性の評価について検討したものである。</p> <p>第1章では、性能規定型設計法における耐震設計・耐震性能評価の体系を、各種設計指針での地震作用および照査手法の特徴、および水平2方向作用に関する既往の研究の概要により示した上で、2方向入力地震動に基づく構造物の耐震性能評価手法の確立に向けて、解決・解明が必要な課題について述べている。</p> <p>第2章では、2方向地震動の特徴・性質に関する既往の研究を概観した上で、2方向地震動の新たな評価指標として、2方向応答スペクトルの全方位表示、2方向入力による構造モデルへの入力エネルギー量を表す2方向エネルギースペクトル、2方向入力に対する弾塑性地震応答値が推定可能な2方向非線形応答スペクトル等を提案し、それらの評価指標の特性を述べ、課題に対する本論文での取り扱いの方向性を示している。</p> <p>第3章では、耐震設計・耐震性能照査用への適用を目的として、規定された応答スペクトルに適合する2方向入力地震動の作成方法について述べている。1方向スペクトル適合地震動とその相補直交成分波と組み合わせた方法に加え、観測記録の水平直交2成分から2次元の振幅調整により目標とする2方向応答スペクトルに適合する地震動を作成する方法、ランダム位相の2波の模擬波から2次元の振幅調整により目標とする2方向応答スペクトルに適合する模擬波を作成する方法を提案している。これらの方法により具体的な入力用地震動を作成した例を示し、提案手法により十分な精度で目標スペクトルに適合した2方向入力地震動が得られることを示している。</p> <p>第4章では、2方向入力地震動に対する構造物の応答特性を把握することを目的として、MSS (Multi Shear Spring)モデルとファイバー要素によりモデル化されたRC円形断面柱の静的解析を実施し、2方向復元力特性を検討している。弾塑性2方向復元力特性を扱うため、水平面内の荷重ベクトルと変位ベクトルのなす角として定義されるPLA (Phase Lag Angle)に着目し、これらの構造モデルは既往のRC柱の実験で得られた物と同様の特性を有していること、および2方向載荷時の荷重-変位関係の基本特性を十分に反映できることを確認するとともに、2方向動的応答の軌跡特性とPLAの関係について論じている。</p> <p>第5章では、様々な加速度軌跡形状を有する2方向応答スペクトル適合入力地震動に</p>			

京都大学	博士（工学）	氏名	井上 和真
<p>ついて、2 方向地震動の特性評価法に基づく比較および相違の評価を行った上で、これらを入力地震動として構造モデルの弾塑性応答の漸増動的解析を実施した結果に基づく評価との関係を検討している。いずれの構造モデルにおいても、相補直交成分波を用いた円形軌跡の入力地震動の場合、他のケースと比較して応答が大きくなる傾向があるなどの特性を明らかにした上で、構造物の耐震性能評価のための入力地震動としての適用について論じている。</p> <p>第 6 章では、表層地盤の動的変形特性を考慮した土柱モデルの 2 方向地震応答の検討を行い、実務設計で用いられる等価線形解析や逐次非線形解析等の手法の相違や、入力振幅の変化による地盤の地震応答解析への影響を示している。加速度軌跡の異なる 2 方向入力地震動を用いた場合、等価線形解析ではその影響が小さい一方で、3 次元多重せん断ばねモデルを用いた逐次非線形解析では加速度軌跡により有意な差が生じ、振幅倍率が高いほどその相違が顕著となることを見出している。</p> <p>第 7 章では、これまで提案した複数の 2 方向応答スペクトル適合入力地震動を用いて 20 階建て免震建物の 3 次元立体骨組モデルの地震応答解析を実施し、2 方向応答スペクトル適合入力地震動による構造物の具体的な評価の結果を示している。従来の 1 方向入力地震動を用いた評価に比べた応答の特性、および累積吸収エネルギーに着目した比較を行うとともに、ダンパーの 2 方向の連成の有無が 2 方向入力時の応答の影響が顕著であることを示している。</p> <p>第 8 章では、本研究において得られた結論および得られた知見を要約するとともに、今後の課題について述べている。</p>			

## (論文審査の結果の要旨)

本論文は、構造物の耐震設計・耐震性能照査のための3次元地震応答解析において、現在一般的な水平1方向のスペクトル適合入力地震動を拡張した、2方向応答スペクトル適合入力地震動を用いる耐震性能評価手法の確立を目標とした、水平2方向地震動の評価手法、2方向応答スペクトル適合波の作成法、構造モデルの応答特性の評価について検討したものである。耐震設計・耐震性能照査への適用を目的として、規定された応答スペクトルに適合する2方向入力地震動の複数の作成方法を提案した上で構造物の応答評価との関係を整理しており、一連の研究により得られた主な成果は次のとおりである。

1. 2方向地震動の特性を評価するための新たな評価指標として、2方向入力による構造モデルへの入力エネルギー量を表す2方向エネルギースペクトル、2方向入力に対する弾塑性地震応答値が推定可能な2方向非線形応答スペクトル等を提案している。2方向入力地震動を耐震性能評価に用いる上で、その基本的な適用性を検討する上での必要性が高く、2方向地震動を用いた耐震性能評価の実現に大きく寄与することが期待できる成果である。
2. 様々な加速度軌跡形状を有する2方向応答スペクトル適合入力地震動について、これらを入力地震動とした場合の構造モデルの弾塑性応答の漸増動的解析を実施し、加速度軌跡形状と2方向弾塑性応答との関係を具体的な構造モデルに基づき明らかにしている。相補直交成分波を用いた円形軌跡の場合、他のケースよりも応答が相対的に大きくなりやすい傾向があるものの、場合により大小関係は一樣でないことを示している。構造物の耐震性能評価のための入力地震動としての適用に際しての、極めて重要な知見を与えているものと考えられる。
3. 表層地盤の動的変形特性を考慮した土柱モデルの2方向地震応答の検討の結果、加速度軌跡の異なる2方向入力地震動を用いた場合、等価線形解析ではその影響が小さい一方で、3次元多重せん断ばねモデルを用いた逐次非線形解析では加速度軌跡により有意な差が生じ、振幅倍率が大きいほどその相違が顕著となる等の知見を得ている。地盤モデルを用いた2方向入力に対する応答特性はこれまであまり知られていないものであり、その有用性は極めて高い。
4. 20階建て免震建物の3次元立体骨組モデルの2方向応答スペクトル適合入力地震動による地震応答解析の事例では、2方向独立の復元力を有する免震方式の構造物が、2方向入力地震動の影響が相対的に小さいことを見出した。耐震設計上有利な構造の解明に大きく貢献する成果であると考えられる。

本論文は、土木構造物や重要構造物の地震時安全性の向上に直結する、より合理的な耐震性能評価手法の確立につながる技術を提供するとともに、さらに耐震構造の理論および実務設計技術にも重要な貢献となるものであり、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士(工学)の学位論文として価値あるものと認める。また、令和1年8月19日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行い、申請者が博士後期課程学位取得基準を満たしていることを確認し、合格と認めた。